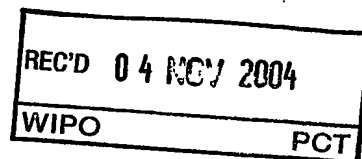


1304/02480



Ministero delle Attività Produttive

Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività

Ufficio Italiano Brevetti e Marchi

Ufficio G2



**Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per:
INVENZIONE INDUSTRIALE N.MI 2003 A 001595 depositata il 01.08.2003**

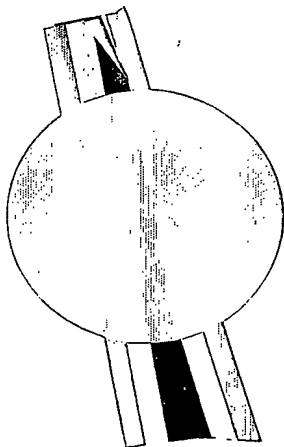
Si dichiara che l'unità copia è conforme ai documenti originali
depositati con la domanda di brevetto sopra specificata, i cui dati
risultano dall'accluso processo verbale di deposito.

ROMA li..... **20 SET. 2004**

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

IL FUNZIONARIO

.....
Giampietro Carlotta
Giampietro Carlotta



AL MINISTERO DELLE ATTIVITÀ PRODUTTIVE

UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI - ROMA

DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE, DEPOSITO RISERVE, ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO

MODULO A



A. RICHIEDENTE (I)

1) Denominazione ANSALDO ENERGIA S.p.A. N.G. SP
 Residenza GENOVA codice 103279700102
 2) Denominazione _____
 Residenza _____ codice _____

B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIEDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

cognome nome POSTIGLIONE FERRUCCIO ED ALTRI cod. fiscale _____
 denominazione studio di appartenenza JACOBACCI & PARTNERS S.p.A.
 via Senato n. 8 città MILANO cap 20121 (prov) MI

C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario

via _____ n. _____ città _____ cap _____ (prov) _____

D. TITOLO

classe proposta (sez/cl/sci) _____ gruppo/sottogruppo _____

DISPOSITIVO COMPENSATORE PER LA STABILIZZAZIONE DI POTENZA DEGLI ALTERNATORI IN
IMPIANTI DI GENERAZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO:

SI ☐ NO ☒

SE ISTANZA: DATA ____/____/____ N° PROTOCOLLO _____

E. INVENTORI DESIGNATI

cognome nome

cognome nome

1) LOMBARDI Filippo 3) _____
 2) _____ 4) _____

F. PRIORITÀ

nazione o organizzazione	tipo di priorità	numero di domanda	data di deposito	allegato S/R
1) _____	_____	_____	____/____/____	<input type="checkbox"/>
2) _____	_____	_____	____/____/____	<input type="checkbox"/>

SCIOGLIMENTO RISERVE

Data N° Protocollo

____/____/____
 ____/____/____

G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA CULTURE DI MICROORGANISMI, denominazione

H. ANNOTAZIONI SPECIALI

DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

N. es.

Doc. 1) ☒ PROV n. pag. 36
 Doc. 2) ☒ PROV n. tav. 04
 Doc. 3) ☒ RIS
 Doc. 4) ☒ RIS
 Doc. 5) ☐ RIS
 Doc. 6) ☐ RIS
 Doc. 7) ☐

riassunto con disegno principale, descrizione e rivendicazioni (obbligatorio 1 esemplare)

disegno (obbligatorio se citato in descrizione, 1 esemplare)

DICHIARAZ. SOST. DI CERTIFICAZIONE

lettera d'incarico, procura o riferimento procura generale

designazione Inventore

documenti di priorità con traduzione in italiano

autorizzazione o atto di cessione

nominativo completo del richiedente

SCIOGLIMENTO RISERVE

Data N° Protocollo

____/____/____
 ____/____/____

____/____/____
 ____/____/____

confronta singole priorità

____/____/____

8) attestati di versamento, totale Euro

DUECENTONOVANTUNO/80

obbligatorio

COMPILATO IL 01/08/2003

FIRMA DEL(I) RICHIEDENTE(I)

FERRUCCIO POSTIGLIONE

CONTINUA SI/NO NO

DEL PRESENTE ATTO SI RICHIEDE COPIA AUTENTICA SI/NO SI

CAMERA DI COMMERCIO IND. ART. E AGR. DI MILANO MILANO

VERBALE DI DEPOSITO

NUMERO DI DOMANDA MI2003A 001595

Reg. A

L'anno DUEMILATRE

il giorno UNO

il(i) richiedente(i) sopraindicato(i) ha(hanno) presentato a

I. ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIALE ROGANTE

IL DEPOSITANTE

L'UFFICIALE ROGANTE

A. MARCHETTI



il mese di AGOSTO

del brevetto sopraportato.

codice 1515

D. TITOLO

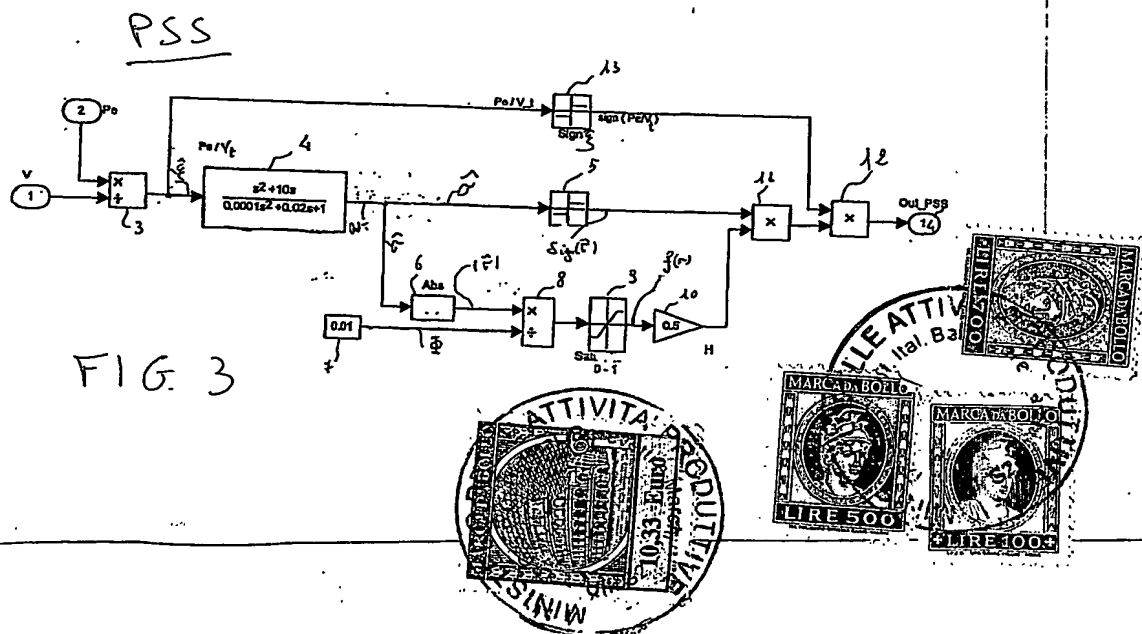
DISPOSITIVO COMPENSATORE PER LA STABILIZZAZIONE DI POTENZA DEGLI ALTERNATORI IN
IMPIANTI DI GENERAZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

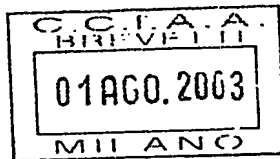
L. RIASSUNTO

Dispositivo compensatore (PSS) per la stabilizzazione di oscillazioni elettromeccaniche destinato a fornire un segnale di riferimento (Out_PSS) ad un dispositivo regolatore di tensione (AVR) di un alternatore sincrono (G) per l'erogazione di potenza ad una rete di distribuzione (NET). Detto dispositivo includendo:

- primi mezzi di processamento (3,4) per ricevere segnali elettrici rappresentativi di parametri operativi caratteristici di detto alternatore e per generare un segnale elettrico da controllare ($\square(t)$) e un primo segnale elettrico ($\sigma(\square, t)$) corrispondente ad una superficie di scivolamento di un controllo di tipo "sliding modes",
- secondi mezzi di processamento (19, 20) del primo segnale ($\sigma(\square, t)$) per generare il segnale di riferimento (Out_PSS)) in modo che questo abbia un andamento di tipo "sliding modes" del primo ordine.

M. DISEGNO





I0104221/FPO

Titolare: Ansaldo Energia S.p.A.

DESCRIZIONE

MI 2003A00159,5

La presente invenzione si riferisce alle tecniche di regolazione e di controllo delle grandezze elettriche di macchine sincrone utilizzate negli impianti per la generazione d'energia elettrica. In particolare, essa riguarda i sistemi di eccitazione degli alternatori e, più esplicitamente, i processi di controllo automatico con i quali vengono realizzati i nuovi regolatori di tensione digitali ed i nuovi segnali stabilizzanti (PSS = Power System Stabiliser) in essi contenuti.

Considerando, a titolo d'esempio, un convenzionale impianto termoelettrico, osserviamo che ogni suo gruppo di generazione è costituito da una turbina (a gas o a vapore) e da un alternatore sincrono.

Quest'ultimo trasforma l'energia meccanica prodotta dalla turbina in energia elettrica da erogare, in generale, sulla rete di distribuzione elettrica nazionale.

Sia la turbina che l'alternatore lavorano al comando dei rispettivi sistemi di regolazione automatica:

- il regolatore di velocità/carico per la turbina,
- il regolatore di tensione per l'alternatore.

Il regolatore di tensione per l'alternatore, identificato spesso con l'acronimo AVR (Automatic Voltage

Regulator), svolge principalmente la funzione regolazione automatica delle grandezze elettriche statoriche dell'alternatore (tensione, potenza reattiva, fattore di potenza $\cos \varphi$),

Inoltre, al regolatore di tensione AVR è associato un dispositivo compensatore o stabilizzatore PSS (Power System Stabiliser) che genera segnali stabilizzanti da fornire al regolatore stesso e tali da avere un ruolo rilevante per la limitazione delle problematiche relative al noto fenomeno delle pendolazioni elettromeccaniche locali.

Questo stabilizzatore PSS ha la funzione di correggere, mediante i segnali stabilizzanti generati, l'eccitazione dell'alternatore sincrono G con opportuni impulsi transitori di compensazione che, liberati in determinati istanti durante le sue variazioni di carico, (es. attacchi e stacchi di carico), riducono e smorzano le conseguenti pendolazioni elettromeccaniche del gruppo turbina-alternatore.

Gli standard che fissano le specifiche di funzionamento degli impianti di produzione di energia sono oggi particolarmente severi nei confronti dello smorzamento delle pendolazioni elettromeccaniche. In altre parole, tali standard richiedono che la potenza elettrica erogata sia stabilizzata e che, quindi, le

pendolazioni elettromeccaniche siano smorzate in tempi brevi e dopo pochi cicli (ad esempio, dopo 3-4 oscillazioni).

Secondo tecnologie convenzionali, la funzione "PSS" agisce basandosi sulle variazioni delle sue grandezze d'ingresso, che sono potenza attiva (P_e) e frequenza (f), attualmente misurate ai morsetti dell'alternatore.

Un limite di questi dispositivi compensatori convenzionali è che il loro corretto funzionamento richiede una conoscenza accurata del modello fisico-matematico del processo da controllare, e che la loro ottimizzazione è centrata solo su una ristretta area di lavoro dell'alternatore.

Poiché una conoscenza accurata dei parametri di processo, soprattutto quando questi variano nel tempo, è molto difficile, i convenzionali dispositivi compensatori non riescono a fornire prestazioni soddisfacenti ed ottimizzate.

Inoltre, i dispositivi compensatori realizzati con la tecnica tradizionale presentano leggi di controllo basate su un elevato numero sia di parametri che di loro possibili combinazioni.

Ciò rende ulteriormente critiche e particolarmente complesse anche tutte le operazioni di taratura, le quali, pertanto, devono basarsi essenzialmente sull'esperienza e

sulla sensibilità dell'operatore di messa in servizio

Scopo della presente invenzione è di fornire dispositivo compensatore "PSS", che non presenti i limiti e gli svantaggi sopra citati dei dispositivi tradizionali.

Lo scopo della presente invenzione è raggiunto da un dispositivo realizzato in accordo alla rivendicazione 1.

Forme d'attuazione preferite della presente invenzione sono definite dalle rivendicazioni dipendenti.

I vantaggi e le caratteristiche della presente invenzione risulteranno dalla descrizione di seguito riportata di sue forme d'attuazione preferite date a titolo indicativo e non limitativo, con riferimento alle figure allegate, in cui:

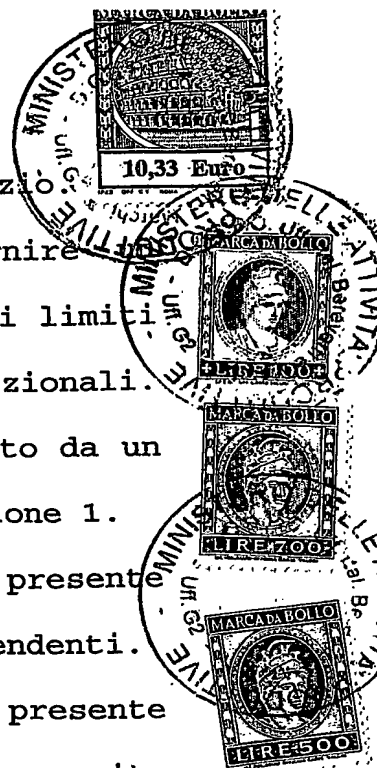
la figura 1 mostra schematicamente un impianto termoelettrico per la produzione di energia;

la figura 2 mostra mediante blocchi funzionali il flusso dei segnali elettrici in detto impianto;

la figura 3 mostra in modo schematico una prima forma di attuazione preferita di uno stabilizzatore in accordo con l'invenzione;

la figura 4 mostra in modo schematico una seconda forma di attuazione preferita di uno stabilizzatore in accordo con l'invenzione.

Si osservi che la comprensione completa dell'analisi teorica alla base della presente invenzione, richiede la



conoscenza delle leggi fisiche relative agli impianti termoelettrici, nonché la conoscenza della teoria di controllo conosciuta con il nome di "sliding modes".

Con riferimento agli "sliding modes", letture che possono fornire informazioni generali, utili alla maggiore comprensione degli insegnamenti della presente invenzione, sono:

- "Applied Nonlinear Control", Slotine J.J. e Li W., Hall International, Englewood Cliffs, N.J., 1991;
- "Sliding Modes in Control and Optimization", Utkin V.I., SpringerVerlag, Berlin, 1992;
- "On the Robust Stabilization of Nonlinear Uncertain Systems with Incomplete State Availability", G. Bartolini, A. Levant, A. Pisano, E. Usai, Trans. Of the ASME, Vol.122, Dicembre 2000.

La figura 1 mostra, in modo estremamente schematico, un impianto termoelettrico 100 includente un gruppo di produzione d'energia 50 e un'eccitatrice statica 200, realizzato in accordo con la presente invenzione.

L'impianto 100 è preferibilmente destinato a fornire energia elettrica ad una rete NET ad alta tensione AT di distribuzione elettrica nazionale.

Il gruppo di produzione 50 comprende un motore primo T (ad esempio, una turbina a vapore o a gas), tale da fornire un'adeguata coppia motrice ad un alternatore

sincrono G meccanicamente connesso sullo stesso albero della turbina T.

L'alternatore sincro G comprende un rispettivo rotore ed un rispettivo statore (non mostrati) e, quando operativo, trasforma l'energia meccanica fornita dal motore primo T in energia elettrica adeguata ad un sistema elettrico trifase (in parte schematizzato in figura 1 mediante linee L1, L2, L3) rendendola disponibile sul proprio statore.

Il sistema elettrico trifase che segue l'alternatore G è caratterizzato da grandezze che sono controllate da un regolatore di velocità/carico per la turbina T (non mostrato) e da un regolatore di tensione AVR per l'alternatore G incluso nell'eccitatore 200.

L'alternatore G è collegabile ad un trasformatore elevatore TE mediante un convenzionale interruttore di macchina SW collegato lungo le linee L1-L3. Il trasformatore elevatore TE consente di adattare l'energia elettrica in media tensione MT, prodotta dal generatore G, a quella ad alta tensione AT, della rete di distribuzione elettrica nazionale NET.

Il motore primo T, il regolatore di turbina, l'alternatore G sono di tipo convenzionale e, quindi, non si rende necessaria una loro descrizione dettagliata. Secondo la particolare forma di attuazione mostrata in

figura 1, l'eccitatrice 200 comprende un modulo di acquisizione ed elaborazione misure ACQ-M, un dispositivo compensatore o stabilizzatore PSS (Power System Stabilizer) e un regolatore di tensione AVR.

Il modulo di acquisizione ed elaboratore misure ACQ può ricevere a rispettivi ingressi almeno un primo segnale di misura v_t e un secondo segnale di misura i_t . Il primo v_t ed il secondo segnale di misura i_t sono, rispettivamente, indicativi della tensione e della corrente presente allo statore dell'alternatore G e nel seguito saranno anche chiamati, più brevemente, tensione e corrente di macchina.

La corrente e la tensione di macchina, i_t e v_t , sono ottenibili, rispettivamente, mediante trasformatori di misura (di corrente TA e di tensione TV) collegati al sistema trifase, ad esempio, a monte dell'interruttore SW.

Il modulo di acquisizione ed elaborazione misure ACQ può acquisire i due segnali di misura indicati ed elaborarli per effettuare un condizionamento dei segnali stessi e/o per fornire segnali di misura S_M indicativi dei valori attuali di una o più opportune grandezze elettriche statoriche quali, ad esempio, la frequenza/velocità angolare ω , la potenza attiva P_e , quella reattiva Q_e , erogate in ogni istante dal gruppo 50.

Moduli di acquisizione ed elaborazione misure ACQ idonei per la presente invenzione sono noti e, quindi, non

vencono descritti in dettaglio.

Il regolatore di tensione AVR (anche chiamato regolatore primario di tensione) è collegato ad un dispositivo attuatore o d'azionamento ACT. Il dispositivo attuatore ACT (tipicamente realizzato mediante un convenzionale ponte a tiristori) è destinato ad agire sul rotore dell'alternatore G mediante un avvolgimento di campo CL-F, realizzabile in modo noto all'esperto del settore.

Come detto in precedenza, il regolatore di tensione AVR svolge la funzione principale di regolazione automatica di una o più grandezze elettriche statoriche dell'alternatore G quali la tensione e, vantaggiosamente, la potenza reattiva e/o il fattore di potenza $\cos \phi$.

Secondo l'esemplificativa schematizzazione di figura 1, il regolatore di tensione AVR è tale da ricevere in ingresso il primo segnale elettrico di misura v_t ed un segnale elettrico di riferimento v_{RIF} .

Il regolatore di tensione AVR, sulla base della tensione di macchina v_t misurata (che ha un ruolo di segnale di retroazione) e del segnale di riferimento v_{RIF} effettua un'opportuna elaborazione o calcolo in modo da generare su una propria uscita un segnale di tensione di campo v'_f destinato ad essere fornito al dispositivo di azionamento ACT. A sua volta, il dispositivo



d'azionamento ACT produce una corrente di campo i_f e una tensione di campo v_f che interessano gli avvolgimenti di campo CL-F in modo da interagire con l'alternatore G per mantenere a valori desiderati le grandezze elettriche statoriche tensione, potenza reattiva, fattore di potenza ($\cos \varphi$).

Ad esempio, il regolatore di tensione AVR è realizzabile secondo tecnologie convenzionali e può essere tale da implementare classiche tecniche di calcolo espresse dalla teoria dei tradizionali controlli automatici.

Il dispositivo stabilizzatore PSS, del quale sarà descritta più avanti una particolare forma di attuazione, presenta ingressi per ricevere segnali addizionali (indicati in figura 1 complessivamente con S_{add}) in base ai quali può generare un segnale elettrico di uscita OUT_PSS che alimenta un nodo sommatore ND.

Al nodo sommatore ND è anche fornito un segnale di riferimento esterno v_{set} rappresentativo della tensione richiesta allo statore dell'alternatore G e impostabile da un operatore dell'impianto e/o da ulteriori dispositivi.

La somma dei segnale d'uscita OUT_PSS e del segnale di riferimento esterno v_{set} , effettuata nel nodo ND genera il segnale di riferimento di tensione v_{REF} da fornire al regolatore di tensione AVR.

Il dispositivo stabilizzatore PSS opera in modo da consentire di correggere l'eccitazione dell'alternatore G con opportuni impulsi transitori di compensazione che, liberati in determinati istanti durante le sue variazioni di carico (es. attacchi e stacchi di carico), riducono e smorzano le conseguenti pendolazioni elettromeccaniche del gruppo 50.

Secondo una particolare forma di attuazione dell'invenzione, il dispositivo stabilizzatore PSS opera sulla base dei due segnali addizionali costituiti dalla tensione di macchina v_t e dalla potenza reattiva P_e .

Come sarà descritto in dettaglio più avanti, vantaggiosamente, il dispositivo stabilizzatore PSS, impiegato nella presente invenzione, è tale da operare come un controllore "sliding modes" del primo ordine.

Al fine di rendere maggiormente chiaro all'esperto le caratteristiche dell'invenzione, saranno ora descritte le particolarità e saranno esplicitate le leggi matematiche che la governano.

La trattazione che segue si basa sia su conoscenze teoriche relative agli impianti elettrici sia sulla teoria degli "sliding modes".

Si consideri l'ipotesi in cui la rete nazionale NET sia una rete elettrica di potenza prevalente, cioè di potenza molto maggiore, idealmente infinita, rispetto alla

potenza massima erogabile dall'alternatore G. Tale ipotesi è in buon accordo con situazioni reali.

Il modello matematico a cui verrà, di seguito, descritta la sintesi del regolatore stabilizzante, è il classico modello del 3° Ordine generalmente accettato per l'analisi dei transitori elettromeccanici.

Si osservi che nella trattazione che segue il termine alternatore G è a volte sostituito dal termine "macchina", in accordo con convenzioni usuali nel settore tecnico dell'invenzione.

La parte elettrica che interessa è rappresentata dalla funzione di trasferimento relativa alla tensione ai morsetti dell'alternatore G, o tensione di macchina che, nella forma originale (non semplificata) nella rappresentazione di Park, è:

Equazione 1

$$V_d(p) = \frac{b_0^d + b_1^d \cdot p + b_2^d \cdot p^2}{a_0^d + a_1^d \cdot p + a_2^d \cdot p^2} \cdot V_R(p) \cdot \frac{\sin(\delta)}{x_E} \quad \text{Componente assed}$$

$$V_q(p) = \frac{b_{0,1}^q + b_{1,1}^q \cdot p}{a_0^q + a_1^q \cdot p + a_2^q \cdot p^2} \cdot V_f(p) + \frac{b_{0,2}^q + b_{1,2}^q \cdot p + b_{2,2}^q \cdot p^2}{a_0^q + a_1^q \cdot p + a_2^q \cdot p^2} \cdot V_R(p) \cdot \frac{\cos(\delta)}{x_E} \quad \text{Comp. asse } q$$

$$v_t = \sqrt{v_d^2 + v_q^2} \quad \text{Tensione ai morsetti}$$

$$p = \frac{d}{dt} \text{ è l'operatore differenziale}$$

$$\delta = \int (\omega - \omega_R) \cdot dt \text{ l'angolo di carico}$$

ω_R la frequenza angolare di rete

In cui :

V_R è la tensione della rete elettrica della rete NET;
i coefficienti a_j^d , b_j^d , a_k^q e b_k^q sono rispettivamente
riferiti all'asse d e all'asse q ; essi contengono i
parametri fisici (Reattanze e costanti di tempo) della
macchina in rete infinita.

X_E : la reattanza esterna (comprensiva della reattanza X
del trasformatore elevatore e di quella di rete X').

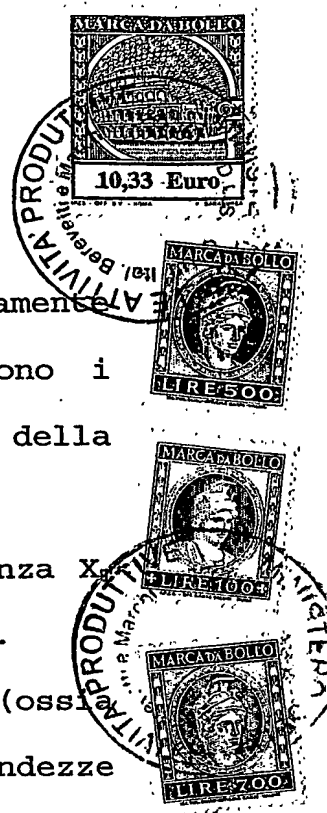
Tutte le grandezze sono espresse in "per unit" (ossia
sono adimensionalizzate riferendole alle grandezze
nominali).

Per la modellistica ed il controllo delle macchine
elettriche, si segnalano i seguenti testi:

- F. Saccomanno, "Sistemi Elettrici per l'Energia -
Analisi e controllo", UTET, 1992.
- R. Marconato, "Sistemi Elettrici di Potenza", 2 Voll.,
CLUP, 1985.

Il modello della macchina sincrona del 3° Ordine
richiede la semplificazione delle Equazioni 1. Inoltre per
lo scopo della presente trattazione, si supporrà che sia
inserito il regolatore di tensione AVR di tipo
tradizionale; per cui, oltre alle semplificazioni
apportate al modello della macchina si aggiungeranno
quelle relative al suo regolatore AVR.

Per la sintesi del compensatore PSS con la tecnica in



accordo con l'invenzione, vengono ben tollerate le riduzioni di ordine del sistema a patto, però, di mantenere inalterato il grado relativo delle funzioni di trasferimento.

Così, ad esempio, le tensioni di asse d e q possono essere semplificate come segue:

Equazione 2

$$V_d(p) = \frac{b_0'^d}{a_0'^d} \cdot V_R(p) \cdot \frac{\sin(\delta)}{x_E} \quad \text{Componente asse d}$$

$$V_q(p) = \frac{b_{0,1}'^q}{a_0'^q + a_1'^q \cdot p} \cdot V_f(p) + \frac{b_{0,2}'^q}{a_0'^q + a_1'^q \cdot p} \cdot V_R(p) \cdot \frac{\cos(\delta)}{x_E} \quad \text{Componente asse q}$$

Avendo eliminato dinamiche non dominanti e/o stabilizzanti (cautelativamente).

Dopo adeguate sostituzioni e semplificazioni e lasciando sempre inalterato il grado relativo, si può definire l'equazione della tensione di macchina in anello chiuso nel seguente modo:

Equazione 3

$$\frac{dv_i(t)}{dt} = a[v_i(t), \delta] + b \cdot v_{RIF}(t)$$

Dove $a[v_t, \delta]$ è una funzione che si ricavano dopo le sostituzioni e le semplificazioni del caso.

La variabile v_{RIF} è il segnale di riferimento di tensione al regolatore AVR tale per cui una adeguata elaborazione dell'errore $e = v_{RIF} - v_t$ permetterà l'annullamento nel tempo dello stesso, generalmente in

modo asintotico. Questa forma dell'equazione della tensione di macchina è opportuna per la sintesi del compensatore stabilizzante PSS in accordo con l'invenzione.

In prima istanza, supporremo che sia disponibile la misura della derivata dell'angolo di carico ($d\delta/dt$); ovvero la differenza tra la velocità del rotore e la frequenza della rete. Ciò consente di verificare e di comprendere, in modo relativamente semplice, la funzionalità della tecnica innovativa. In seguito con una trasformazione di variabili, verrà indicato come sia possibile ottenere, praticamente, gli stessi risultati con misure decisamente più disponibili sugli impianti reali.

Per completare il modello che permette di effettuare la sintesi in oggetto, occorre definire l'equazione di bilancio delle potenze all'asse e la relazione tra potenza elettrica e l'angolo di carico.

Posto:

$$T_M = \frac{J \cdot \omega_0^2}{P_0} \quad \text{e} \quad \omega(t) = \frac{\delta_0}{\omega_0} \cdot \dot{\delta} + \omega_R$$

in cui :

J è il momento di inerzia della linea d'assi

ω_0 è la pulsazione nominale

P_0 la potenza nominale

δ_0 l'angolo nominale

si ha l'equazione di bilancio :

Equazione 4

Sostituendo quest'ultima espressione nell'equazione

$$\frac{d\dot{\delta}}{dt} = \frac{P_M(t) - P_E(t)}{T_M \cdot \frac{\delta_0}{\omega_0} \cdot \left(\frac{\delta_0}{\omega_0} \cdot \dot{\delta} + \omega_R \right)}$$

$P_M(t)$ la potenza meccanica applicata

$$P_E(t) = \frac{V_R \cdot v_t(t)}{x_E} \cdot \sin(\delta_0 \cdot \delta) \quad \text{la potenza elettrica generata}$$

di bilancio, si ricava una relazione alternativa per la tensione di macchina:

Equazione 5

$$v_t(t) \equiv v_t(\delta) = \frac{P_M - T_M \cdot \frac{\delta_0}{\omega_0} \cdot \left(\frac{\delta_0}{\omega_0} \cdot \dot{\delta} + \omega_R \right) \cdot \ddot{\delta}}{\frac{V_R}{x_E} \cdot \sin(\delta_0 \cdot \delta)}$$

Ciò consente di esprimere la tensione di macchina come funzione dell'angolo, fatta salva la condizione

$\delta \neq 0$; questo artificio permetterà, come vedremo, di descrivere il sistema in istudio nella forma canonica necessaria per la sintesi del controllo.

La tecnica in accordo con l'invenzione comprende la definizione di un controllore il cui obiettivo è quello di annullare una varietà (superficie o multipiano) secondo un principio chiamato "Sliding-Modes". Questa superficie non è altro che una combinazione lineare degli stati che descrivono la dinamica del sistema a condizione che tali stati siano rappresentati nella forma:

Equazione 6

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = x_3 \\ \dots\dots\dots \\ \dot{x}_n = f(x) + g(x) \cdot u \end{cases}$$

$x \in R^n$

La forma canonica.

Se $f(x)$ è incerta ma limitata e $g(x)$ è diversa da zero e di segno conosciuto, un controllo :

Equazione 7

$$u(t) = -k(x)^2 \cdot \text{sign}(\sigma) \quad e$$

$$\sigma(t) = \left(\frac{d}{dt} + \lambda \right)^{n-1} x_1 = c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + \dots + x_n \quad e \text{ la sua derivata}$$

$\dot{\sigma}(t) = \text{grad}(\sigma) \cdot \dot{x}$ se $k(x)^2$ è grande abbastanza per soddisfare la relazione:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{d\sigma^2}{dt} < -\eta \cdot |\sigma| \quad \text{allora si ha } \sigma \rightarrow 0 \text{ e } \dot{\sigma} \rightarrow 0 \text{ in tempo finito}$$

In tali condizioni si ha un moto attrattivo su $\sigma = 0$ che viene chiamato "sliding-modes".

Pertanto, si definisce il sistema nella forma richiesta:

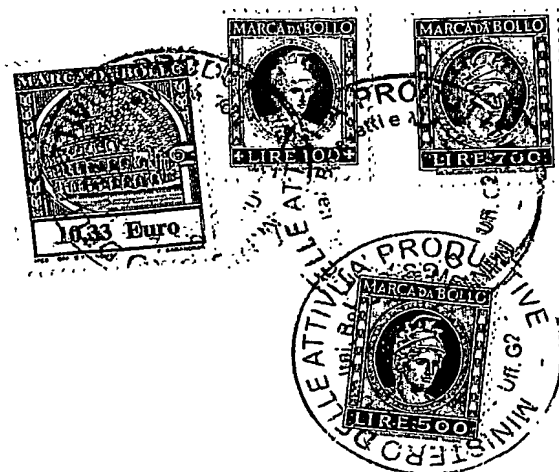
Equazione 8

$$\frac{d\delta}{dt} = \dot{\delta}$$

$$\frac{d\dot{\delta}}{dt} = \ddot{\delta}$$

$$\frac{d\ddot{\delta}}{dt} = F(\delta) + G(\delta) \cdot v_{RIF}$$

In cui si è posto:



Equazione 9

$$F(\delta) = \frac{\dot{P}_M - \frac{V_R}{x_E} \cdot [a(v_i, \delta) \cdot \sin(\delta) + \delta_0 \cdot \dot{\delta} \cdot v_i \cdot \cos(\delta)] - T_M \cdot \frac{\delta_0}{\omega_0} \cdot \ddot{\delta}^2}{\left(\frac{\delta_0}{\omega_0} \cdot \dot{\delta} + \omega_R \right)}$$

$$G(\delta) = - \frac{\frac{V_R}{x_E} \cdot \sin(\delta)}{\left(\frac{\delta_0}{\omega_0} \cdot \dot{\delta} + \omega_R \right)} \cdot b(v_i, \delta) \text{ avendo già definito } v_i \text{ con Eq.5 e } \dot{v}_i \text{ con Eq.3}$$

l'Equazione 8 rappresenta un sistema che, in realtà (modello completo), è, in circostanze di normale esercizio, localmente stabile anche se con fenomeni oscillatori; ciò garantisce che se il controllo genera un attrattore su $\sigma=0$, allora si avrà il moto secondo "sliding-modes" anche se k^2 risulta soddisfare le specifiche date solo in un intorno di $\sigma=0$.

La superficie che viene scelta per il compensatore PSS è la seguente:

Equazione 10

$$\sigma(t) = \left(\frac{d}{dt} + \lambda \right) \cdot \dot{\delta}, \quad \lambda > 0, \text{ da cui} \quad \dot{\sigma}(t) = \frac{d^2 \dot{\delta}}{dt^2} + \lambda \cdot \frac{d \dot{\delta}}{dt} = F(\delta) + G(\delta) \cdot v_{RIF} + \lambda \cdot \ddot{\delta}$$

La sostituzione della legge di controllo in v_{RIF} determina la seguente equazione:

Equazione 11

$$\dot{\sigma} = F(\delta) - G(\delta) \cdot k^2 \cdot \text{sign}(\sigma) \text{ che, se } k \text{ è scelto opportunamente, porge:}$$

$$\dot{\sigma} \leq -\eta \cdot \text{sign}(\sigma) \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot \frac{d\sigma^2}{dt} \leq -\eta \cdot |\sigma| \text{ che è la condizione richiesta da S.M.}$$

Nella presente invenzione si attua il medesimo principio facendo però uso di una descrizione particolare delle variabili di stato e, inoltre, la legge di controllo è in una forma che consente, a scelta del progettista, di ottenere o meno uno smorzamento delle oscillazioni tipiche di questa tecnica.

Poiché difficilmente sono disponibili le misure delle frequenze di rete e di macchina, la seguente posizione :

Equazione 12

$$\xi = \frac{P_E}{V_t} = \frac{V_R}{x_E} \cdot \sin(\delta)$$

Consente di giungere ad una forma analoga a quella ottenuta in Eqn. 8; infatti

Equazione 13

$$\dot{\xi} = \frac{V_R}{x_E} \cdot \cos(\delta) \cdot \delta_0 \cdot \dot{\delta} \quad \text{che, nel campo di normale funzionamento, è:}$$

$$\dot{\xi} = \delta_0 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{x_E}{V_R} \cdot \xi \right)^2} \cdot \dot{\delta} \quad \text{da cui si ha } \dot{\delta}.$$

Operando successive derivazioni e sostituzioni, si perviene al seguente sistema di equazioni:

Equazione 14

$$\begin{cases} \frac{d\xi}{dt} = \dot{\xi} \\ \frac{d\dot{\xi}}{dt} = \ddot{\xi} \\ \frac{d\ddot{\xi}}{dt} = \Phi(\xi, \dot{\xi}, \ddot{\xi}) + \Gamma(\xi, \dot{\xi}, \ddot{\xi}) \cdot v_{RIF} \end{cases}$$

Equivalentemente al sistema 8.

Se si sceglie anche in questo caso una superficie:

Equazione 15

$$\sigma(t) = \left(\frac{d}{dt} + \lambda \right) \cdot \dot{\xi}(t) \quad \text{si ha, come prima:}$$

$$\dot{\sigma}(t) = \frac{d\ddot{\xi}}{dt} + \lambda \cdot \ddot{\xi} = \Phi + \Gamma \cdot v_{RIF} + \lambda \cdot \ddot{\xi}$$

Ottenere l'annullamento di questa superficie e della sua derivata, comporta:

$$\begin{aligned} \frac{d\xi}{dt} &= \dot{\xi} \\ \frac{d\dot{\xi}}{dt} &= \sigma - \lambda \cdot \dot{\xi} \\ \frac{d\ddot{\xi}}{dt} &= \dot{\sigma} \rightarrow 0. \end{aligned}$$

Equazione 16

Che, per definizione di ξ , significa annullare anche $d\delta/dt$ e $d^2\delta/dt^2$ come desiderato; infatti:

Equazione 17

$$\dot{\xi} = 0 \Rightarrow \xi = \text{costante} = \frac{V_R}{x_E} \cdot \sin(\delta) \Rightarrow \delta = \text{costante}$$

in quanto, dalle ipotesi fatte, V_R e x_E sono costanti.

Pertanto, si ha :

Equazione 18

$\dot{\delta}=0$ e $\ddot{\delta}=0$ asintoticamente per cui, dall'equazione 4, si ha: $P_M - P_E = 0$.

La realizzazione della presente invenzione richiede una sintesi di una superficie di fatto stimata in quanto le misure disponibili non sono sufficienti per la sua costruzione.

Le tecniche sulle quali si basa il progetto dell'invenzione sono essenzialmente appunto rivolte alla stima della superficie di scivolamento.

Innanzitutto osserviamo che durante il normale esercizio di un alternatore si prevede che l'angolo δ sia limitato in un intervallo compreso tra $\pm \pi/6$ circa e la frequenza angolare della macchina sempre molto prossima al valore nominale, è possibile semplificare ulteriormente le equazioni di partenza:

Equazione 19

$$\frac{d^2\delta}{dt^2} \approx \frac{P_M - P_E}{T_M}$$

$$P_E \approx \frac{V_R}{x'_E} \cdot v_t \cdot \delta \quad \text{in cui} \quad -\delta_0 \leq \delta \leq \delta_0 \quad \text{con} \quad \delta_0 \approx \frac{\pi}{6} \quad \text{e} \quad x'_E = \frac{x_E}{\sin(\delta_0)}$$

Queste posizioni consentono di manipolare equazioni decisamente più semplici senza peraltro perdere di generalità.

Si ha quindi:

Equazione 20

Ora ricordando l'equazione della tensione di macchina

$$\delta = \frac{x'_E}{V_R} \cdot \xi \quad , \quad \dot{\delta} = \frac{x'_E}{V_R} \cdot \dot{\xi} \quad \text{etc.}$$

$$20.1) \quad \frac{d^2 \xi}{dt^2} = \frac{P_M - \frac{x'_E}{V_R} \cdot \xi \cdot v_t}{\frac{x'_E}{V_R} \cdot T_M} \quad \text{da cui } v_t. \text{ Derivando si ha}$$

$$20.2) \quad \frac{d^3 \xi}{dt^3} = - \frac{\dot{\xi} \cdot v_t + \xi \cdot \dot{v}_t}{T_M} \quad \text{avendo posto } \dot{P}_M \approx 0 \quad \text{e, infine}$$

$$20.3) \quad \frac{d^3 \xi}{dt^3} = - \frac{\dot{\xi} \cdot (P_M - \frac{x'_E}{V_R} \cdot \xi) + \frac{x'_E}{V_R} \cdot \xi^2 \cdot a(\xi)}{T_M \cdot \frac{x'_E}{V_R} \cdot \xi} - \frac{\xi \cdot \dot{v}}{T_M}$$

(Equazione 3) e sostituendo in 20.3 :

Equazione 21

$$\frac{d^3 \xi}{dt^3} = - \frac{\dot{\xi} \cdot (P_M - \frac{x'_E}{V_R} \cdot \xi) + \frac{x'_E}{V_R} \cdot \xi^2 \cdot a(\xi)}{T_M \cdot \frac{x'_E}{V_R} \cdot \xi} - \frac{\xi \cdot b}{T_M} \cdot v_{RIF}$$

In cui $b > 0$.

Come si può notare, essendo tutte le grandezze incerte (V_R , x'_E , T_M , etc) nel cosiddetto termine di "drift" (ossia il primo termine a secondo membro dell'equazione), la trasformazione di variabile fatta consente l'applicazione della tecnica "sliding modes" che risulta praticamente insensibile alla variazione e/o incertezza di tali parametri.

La sintesi della superficie di scivolamento richiede la stima di due stati del sistema: la derivata prima e seconda della variabile ξ .

La figura 2 illustra in modo schematico l'impianto 100 mettendo in evidenza l'architettura della regolazione implementata.

Alcuni dei blocchi rappresentati in figura 2 rappresentano componenti mostrati in figura 1 e, pertanto, sono stati indicati con il medesimo riferimento simbolico. Il blocco indicato con il simbolo GEN & NET schematizza l'alternatore G e la rete NET sopra definiti. Il blocco indicato con PAR rappresenta i parametri della rete NET (tensione di rete V_R , la reattanza esterna X_e , e la frequenza di rete F_R). La figura 2 mette anche in evidenza il flusso dei segnali fra i vari blocchi ed è in accordo con quanto descritto con riferimento alla figura 1 e con quanto espresso nella analisi sopra condotta.

La figura 3 mostra una forma di attuazione particolare di un dispositivo stabilizzatore PSS in accordo con l'invenzione ed impiegabile nell'impianto 100 di figura 1.

Secondo questa prima forma di attuazione è utilizzato un filtro derivatore del secondo ordine..

Il dispositivo stabilizzatore PSS è provvisto di un primo 1 ed un secondo 2 terminale d'ingresso per i propri segnali d'ingresso principali che, secondo tale esempio, sono la potenza elettrica attiva P_e e la tensione di macchina v_t .

Il dispositivo stabilizzatore PSS implementa le seguenti equazioni:

Equazioni 22

$$\hat{\sigma}(t) = \left(\frac{d}{dt} + \lambda \right) \cdot \hat{\xi}(t)$$

$$Out_PSS = H \cdot \text{sign}(\xi) \cdot f(\hat{\sigma}) \cdot \text{sign}(\hat{\sigma})$$

Le equazioni 22 sono analoghe alle equazioni 15 e alla prima delle equazioni 7. In particolare, con il simbolo " $\hat{\cdot}$ " si è indicato che le corrispondenti grandezze sono ottenute mediante una stima. Inoltre, si ricordi che la grandezza ξ stimata è espressa in accordo con l'equazione 12.

Nella seconda delle equazioni 22, si noti che il guadagno H ha il segno di ξ per garantire la condizione di sliding modes e $f(\sigma)$ è una qualunque funzione opportuna.

Ad esempio, per l'approssimazione di sliding modes la funzione $f(\sigma)$ è:

$$f=1, \quad |\sigma|/\Phi > 1; f = |\sigma|, \quad |\sigma|/\Phi < 1.$$

Una funzione di questo tipo è indicata dal già citato testo di Slotine "Applied Nonlinear Control" ed è tale da consentire di smorzare, vantaggiosamente, il "chattering".

Ritornando alla figura 3, i terminali d'ingresso 1 e 2 sono collegati ad un blocco divisore 3 tale da effettuare la divisione dei segnali P_e ed v_t ed ottenere la stima della variabile $\xi(t)$ in accordo con l'equazione 12.

Un'uscita del blocco divisore 3 è collegata a mezzi di processamento 4 che effettuano una elaborazione per fornire un segnale elettrico indicativo di una stima della superficie di scivolamento $\sigma(t)$.

Secondo la prima forma di attuazione dell'invenzione i primi mezzi di processamento 4 includono un filtro del secondo ordine in grado di effettuare un processamento in accordo alla prima espressione dell'equazione 22 che include un'operazione di calcolo della derivata prima di $\xi(t)$ e della derivata seconda della medesima variabile $\xi(t)$.

Nella figura 3 è indicata, a puro scopo esemplificativo, una possibile funzione di trasferimento del filtro del secondo ordine 4. In particolare, il filtro 4 può essere realizzato mediante un filtro passa alto analogico o digitale

Un'uscita OUT del filtro del secondo ordine 4 è collegata ad un blocco di processamento 5 tale da valutare il segno di $\sigma(t)$.

Inoltre, l'uscita OUT è collegata ad un ramo di processamento includente una pluralità di blocchi 6-10.

Il blocco 6 è tale da valutare il valore assoluto del segnale indicativo della superficie di scivolamento $\sigma(t)$ ed è collegato ad un ulteriore blocco divisore 8 tale da effettuare il rapporto fra il segnale d'uscita del blocco

6 e il parametro Φ sopra introdotto (blocco 7), fissato secondo l'esempio al valore 0,01.

Il blocco divisore 8 è collegato ad un blocco di saturazione 9 che satura ad 1 il rapporto $\sigma(t)/\Phi$.

L'uscita del blocco di saturazione 9 è collegata ad un blocco di guadagno 10 destinato ad introdurre il sopraccitato guadagno H, ad esempio, fissato al valore 0,5.

L'uscita del blocco di guadagno 10 e quella del blocco 5 sono collegate ad un primo moltiplicatore 11 avente un'uscita a sua volta collegata ad un secondo moltiplicatore 12.

Il secondo moltiplicatore 12 è tale da ricevere in ingresso anche un segnale corrispondente al segno della stima della grandezza $\xi(t)$ reso disponibile da un blocco 13 collegato all'uscita del blocco divisore 3.

Inoltre, tale secondo moltiplicatore 12 consente di effettuare la moltiplicazione del segnale $\text{sign}(\xi(t))$ con il segnale $H f(\sigma(t)) \text{sign}(\sigma(t))$ uscente dal primo blocco moltiplicatore 11 e generare il segnale d'uscita Out_PSS presente sul terminale d'uscita 14.

Nel funzionamento del dispositivo compensatore PSS, sulla base del segnale indicativo della potenza attiva P_e e di quello relativo alla tensione di macchina v_t viene stimata, dal blocco 3 e dal filtro 4, la superficie di

scivolamento $\sigma(t)$, di tipo sliding modes del secondo ordine. Inoltre, il blocco 13 valuta il segno del rapporto P_e/v_t , cioè il segno della grandezza $\xi(t)$ che costituisce la variabile da controllare.

A partire dal segnale corrispondente a questa superficie di scivolamento stimata $\sigma(t)$ viene costruita la funzione $f(\sigma(t))$ (blocchi 6-9) ed è valutato il segno del segnale corrispondente alla superficie stessa.

Mediante un prima moltiplicazione nel primo blocco moltiplicatore 11 e una successiva moltiplicazione nel blocco moltiplicatore 12 è costruito il segnale Out_PSS.

Questo segnale Out_PSS, alimentato al nodo sommatore ND dell'eccitatrice 200 di figura 1, contribuirà alla formazione del segnale di riferimento in tensione V_{RIF} che viene immesso nel regolatore di tensione AVR. L'azione del regolatore di tensione AVR e del dispositivo di azionamento ACT operativamente associato agli avvolgimenti di campo CL-F fa sì che si intervenga sul funzionamento dell'alternatore G.

In tale modo i segnali di misura P_e e v_t risulteranno modificati facendo sì che l'ampiezza del segnale $\xi(t)$ ottenuto nello stabilizzatore PSS sia mantenuta sostanzialmente costante (cioè la derivata prima di $\xi(t)$ è sostanzialmente pari a zero) e che il segnale $\sigma(t)$ sia portato sostanzialmente a convergere a zero.

Ciò consente di effettuare la stabilizzazione del gruppo 50 smorzandone le oscillazioni elettromeccaniche.

Secondo una diversa versione della forma di attuazione di figura 3, è previsto altresì che allo stabilizzatore PSS sia fornito anche un segnale significativo della potenza attiva richiesta P_{RIF} e un segnale significativo della tensione di macchina richiesta V_{SET} .

In tal caso, la superficie di scivolamento $\sigma(t)$ conterrà un termine aggiuntivo che sarà costituito direttamente dalla variabile $\xi(t) = \xi_1(t) = P_E/v_t$, ovvero:

Equazione 23

$$\sigma(t) = \left(\frac{d}{dt} + \lambda \right)^2 \cdot [\xi(t) - \xi_{RIF}(t)] \quad \text{in cui} \quad \xi_{RIF}(t) = \frac{P_{RIF}}{V_{SET}}$$

P_{RIF} e V_{SET} sono rispettivamente i valori di riferimento di potenza attiva e tensione di macchina desiderati a regime.

Quest'ultimo assunto permette di avere una superficie facilmente calcolabile:

Equazione 24

$$\sigma(t) = \left(\frac{d}{dt} + \lambda \right)^2 \cdot [\xi(t) - \xi_{RIF}(t)] = \frac{d^2 \xi(t)}{dt^2} + 2 \cdot \lambda \cdot \frac{d\xi(t)}{dt} + \lambda^2 \cdot [\xi(t) - \xi_{RIF}(t)]$$

Il resto del controllo è analogo a quello descritto con riferimento alla figura 3.

Nella figura 4, è mostrata una seconda forma di attuazione di un compensatore PSS in accordo con la presente invenzione. Secondo la forma di realizzazione di figura 4, il processamento dei segnali di misura per la stima della superficie di scivolamento $\sigma(t)$ è effettuata

non con un filtro del secondo ordine ma con un osservatore 4', lineare o non lineare. Inoltre, si osservi che l'osservatore 4' stesso può essere realizzato con una tecnica degli sliding modes (sliding observers).

Nello schema di figura 4 sono impiegati gli stessi riferimenti numerici di figura 3 per indicare componenti identici o analoghi.

L'osservatore 4' è collegato all'uscita del blocco divisore 3 per ricevere il segnale P_e/v_t e ad un terzo terminale d'ingresso 2' per ricevere almeno un altro segnale.

Ad esempio, al terzo terminale è fornito il segnale elettrico di riferimento di tensione v_{RIF} inviato anche al regolatore di tensione AVR mostrato in figura 1. Si osservi che il fatto che al compensatore PSS sia inviato il segnale di riferimento di v_{RIF} è indicato anche nello schema di figura 2.

La sintesi di un esemplificativo osservatore non lineare può essere facilmente effettuata da un esperto del ramo sulla base della seguente espressione:



Equazione 25

$$\xi = \xi_1$$

$$\begin{cases} \dot{\xi}_1 = \hat{\xi}_2 + g_1 \cdot (\xi - \hat{\xi}_1) \\ \dot{\xi}_2 = \hat{\xi}_3 + g_2 \cdot (\xi - \hat{\xi}_1) \\ \dot{\xi}_3 = -\frac{[\hat{\xi}_2 + \xi_1 \cdot a(\xi)] \cdot v_t + \xi_1 \cdot b \cdot v_{RIF}}{T_M} + g_3 \cdot (\xi - \hat{\xi}_1) \end{cases}$$

La quale, scelti opportunamente g_1 , g_2 e g_3 , consentirà di annullare l'errore di osservazione e fornirà una stima degli stati non misurati.

Inoltre, si osservi che lo stabilizzatore PSS può essere realizzato, secondo una terza forma di attuazione dell'invenzione, impiegando invece del filtro 4 o dell'osservatore 4' un derivatore di Levant ossia un dispositivo anche noto con la denominazione inglese di "super-twisting 2-Sliding modes differentiator".

Il dispositivo compensatore PSS dell'invenzione presenta notevoli vantaggi.

Uno di questi vantaggi consiste nel fatto che il dispositivo compensatore PSS dell'invenzione non richiede, per essere realizzato, la piena conoscenza dei parametri del processo che si desidera controllare.

Infatti, come si deduce da quanto descritto in precedenza, il segnale d'uscita Out_PSS del compensatore PSS è ottenuto in base a funzioni legate al segno della variabile da controllare $\xi(t)$ e a sue derivate e non in

base a funzioni direttamente legate ai valori assunti da parametri di processo.

Ciò assicura, a differenza dei compensatori tradizionali, una elevata robustezza e tolleranza dei compensatori realizzati secondo gli insegnamenti dell'invenzione nei confronti di incertezze sui parametri di processo.

Inoltre, la scelta di un controllo di tipo sliding modes del primo ordine risulta particolarmente conveniente in termini di semplicità della realizzazione e di robustezza del compensatore.

Va anche osservato che gli esempi di attuazione dell'invenzione sopra descritti si basano su due segnali addizionali da alimentare al compensatore PSS (ad esempio, la potenza attiva P_e e la tensione di macchina v_t) già disponibili su ogni impianto di produzione di energia, rendendo l'attuazione degli insegnamenti dell'invenzione particolarmente agevole.

Si osservi che è stato notato come le indesiderate oscillazioni del segnale di uscita del compensatore Out-PSS (fenomeno del "chattering"), intrinsecamente presenti nei circuiti di controllo di tipo sliding modes, non risultano rilevanti nel contesto degli impianti di produzione di energia. Infatti, è stato osservato che queste oscillazioni (a frequenza relativamente alta).

vengono filtrate dagli attuatori dell'eccitatrice 200 e,
quindi non influenzano negativamente la regolazione
desiderata.

RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo compensatore (PSS), particolarmente, per stabilizzazione di oscillazioni elettromeccaniche destinato a fornire un segnale di riferimento (Out_PSS) ad un dispositivo regolatore di tensione (AVR) di un alternatore sincrono (G) per l'erogazione di potenza elettrica ad una rete di distribuzione (NET), detto dispositivo includendo:

- primi mezzi di processamento (3,4;4') per ricevere segnali elettrici di misura rappresentativi di parametri operativi caratteristici di detto alternatore sincrono e/o di detta rete e per generare un segnale elettrico da controllare ($\xi(t)$) e un primo segnale elettrico ($\sigma(\xi,t)$) corrispondente ad una superficie di scivolamento di un controllo di tipo "sliding modes",
- secondi mezzi di processamento (19, 20) del primo segnale ($\sigma(\xi,t)$) per generare il segnale di riferimento (Out_PSS) in modo che questo abbia un andamento di tipo "sliding modes" del primo ordine e sia tale rendere sostanzialmente costante l'ampiezza del segnale da controllare ($\xi(t)$) e portando detto primo segnale ($\sigma(\xi,t)$) sostanzialmente a convergere a zero.

2. Dispositivo (PSS) secondo la rivendicazione 1, in cui i segnali elettrici di misura includono un segnale elettrico rappresentativo di una potenza elettrica attiva (P_e)

generata dall'alternatore (G).

3. Dispositivo (PSS) secondo la rivendicazione 2, in cui detti segnali di misura includono inoltre un segnale rappresentativo di una tensione elettrica misurata (v_t) in corrispondenza di morsetti d'uscita di detto alternatore (G), i primi mezzi di processamento essendo tali per cui il segnale elettrico da controllare ($\xi(t)$) è correlato al rapporto tra detto segnale elettrico rappresentativo della potenza attiva e detto segnale elettrico rappresentativo della tensione ai morsetti di uscita.

4. Dispositivo (PSS) secondo almeno una delle precedenti rivendicazioni, in cui detti primi mezzi di processamento (3,4) sono tali da effettuare almeno un'operazione di derivazione del primo ordine di almeno uno dei segnali elettrici di misura.

5. Dispositivo (PSS) secondo la rivendicazione 4, in cui detti primi mezzi di processamento (3,4) sono tali da effettuare un'operazione di derivazione del secondo ordine di uno dei segnali elettrici di misura.

6. Dispositivo (PSS) secondo almeno una delle rivendicazioni precedenti, in cui detti primi mezzi di processamento (3,4) sono tali da effettuare una stima della derivata del primo ordine e/o del secondo ordine di almeno uno dei segnali elettrici di misura.

7. Dispositivo secondo almeno una delle rivendicazioni 4 e

5, in cui detti primi mezzi di processamento includono un filtro del secondo ordine per effettuare una derivata del secondo ordine di un segnale entrante.

8. Dispositivo (PSS) secondo almeno una delle rivendicazioni precedenti, in cui primi mezzi di processamento includono un osservatore lineare o non lineare per la stima di detta derivata del secondo ordine.

9. Dispositivo (PSS) secondo almeno una delle rivendicazioni precedenti, in cui primi mezzi di processamento includono un osservatore di Levant per la valutazione di detta derivata del secondo ordine.

10. Dispositivo (PSS) secondo le rivendicazioni 4 o 5, in cui i primi mezzi di processamento (3,4) includono un dispositivo per la derivazione (4) tale da ricevere in ingresso almeno il segnale da controllare ($\xi(t)$) per rendere disponibile in uscita un segnale correlato alla derivata temporale prima e/o un segnale correlato alla derivata seconda del segnale da controllare.

11. Dispositivo (PSS) secondo la rivendicazione 6 o 8, in cui detti mezzi di processamento includono un ulteriore dispositivo di derivazione (4') tale da ricevere in ingresso detto segnale da controllare ($\xi(t)$) e un altro segnale indicativo della tensione di riferimento richiesta ai morsetti dell'alternatore (G).

12. Dispositivo secondo almeno una delle rivendicazioni

precedenti, in cui i secondi mezzi di processamento (5-12) sono tali da generare il segnale di riferimento (Out_PSS) in modo che questo abbia un andamento correlato ad una funzione segno (sign) di detto primo segnale ($\sigma(\xi, t)$).

13. Dispositivo secondo la rivendicazione 12, in cui i secondi mezzi di processamento (5-12) sono tali da generare il segnale di riferimento (Out_PSS) in modo che questo sia correlato alla detta funzione segno mediante un fattore di moltiplicazione variabile ($f(\sigma)$) dipendente dall'andamento del valore assoluto di detto primo segnale ($\sigma(\xi, t)$).

14. Dispositivo (PSS) secondo la rivendicazione 3, in cui i primi processamento sono tali per cui, indicando con $\dot{\xi}(t)$ detto segnale elettrico da controllare, il primo segnale elettrico $\hat{\sigma}(t)$ assume sostanzialmente la seguente forma:

$$\hat{\sigma}(t) = \left(\frac{d}{dt} + \lambda \right) \cdot \dot{\xi}(t)$$

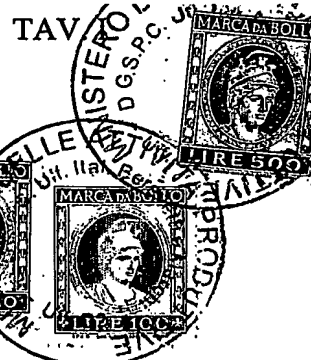
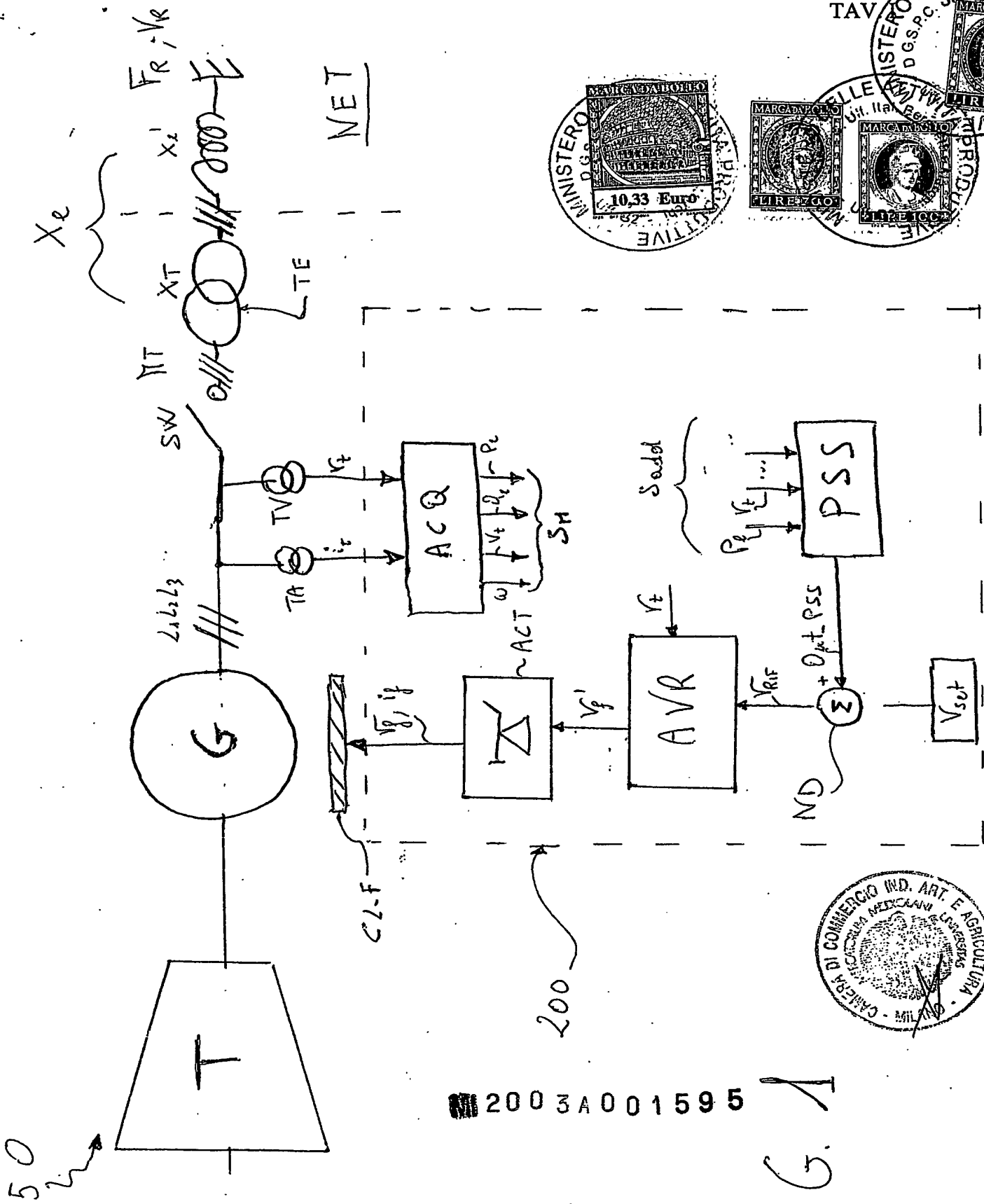
15. Dispositivo (PSS) secondo la rivendicazione 14, in cui i secondi mezzi di processamento sono tali per cui detto segnale di riferimento, Out_PSS, assume sostanzialmente la seguente forma:

$Out_PSS = H \cdot \text{sign}(\xi) \cdot f(\hat{\sigma}) \cdot \text{sign}(\hat{\sigma})$, in cui H è un fattore di guadagno positivo e $f(\hat{\sigma})$ è una generica funzione.

16. Dispositivo (PSS) secondo la rivendicazione 15, in cui detta funzione $f(\hat{\sigma})$ assume sostanzialmente la seguente

forma: $f=1, |\hat{\sigma}(t)|/\Phi > 1; f = |\hat{\sigma}(t)|, |\hat{\sigma}(t)|/\Phi < 1$.





2003A001595

Ing. Ferruccio POSTIGLIONE

N. Iscr. ALBO 040 B

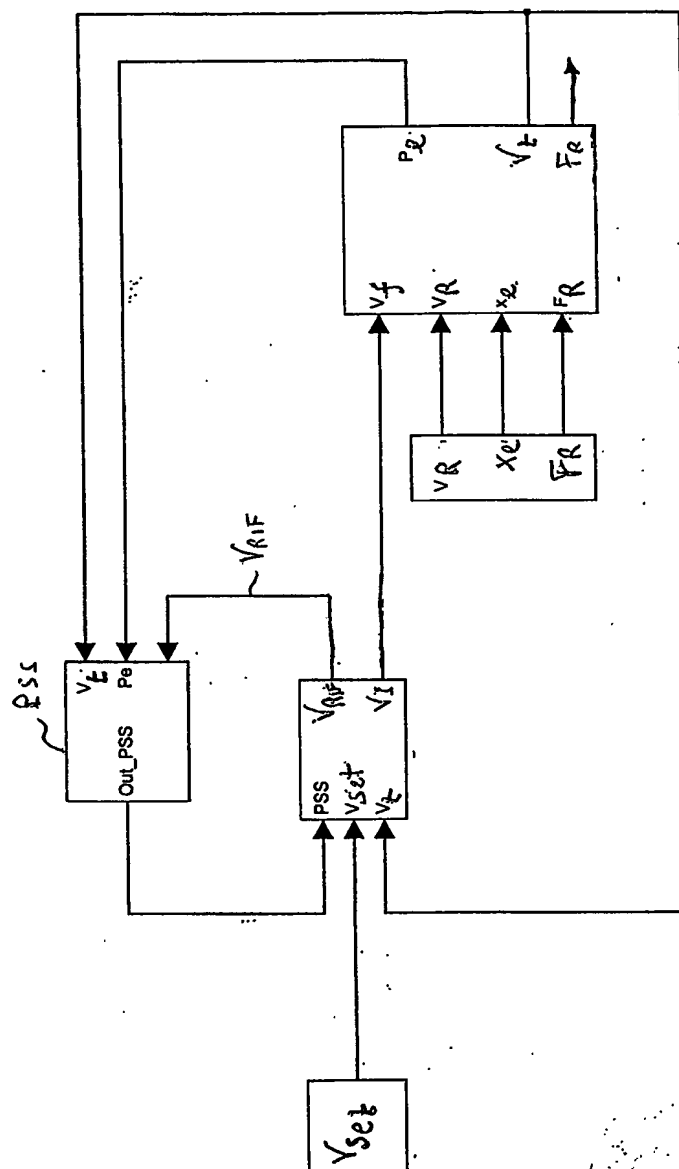
(In proprio e per gli altri)

p.i. : ANSALDO ENERGIA S.p.A.

FIG. 1

100

FIG. 2



Ing. Ferruccio POSTIGLIONE

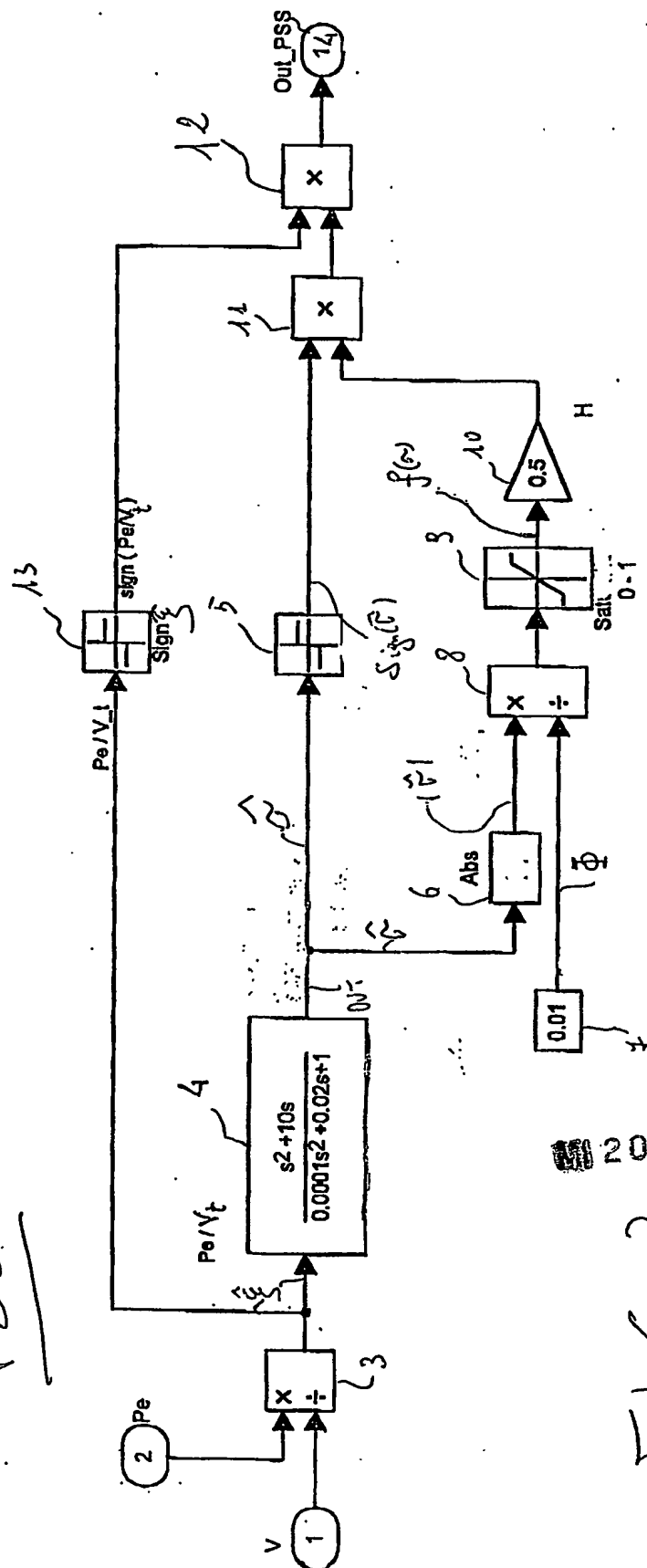
N. Iscr. ALBO 940 B

(in proprio e per gli altri)

p.i. : ANSALDO ENERGIA S.p.A.

2003A00159.5

PSS



2003A001595

FIG. 3



Ing. Ferruccio POSTIGLIONE

N. Iscr. ALBO 940 B

(in proprio e per gli altri)

PSS

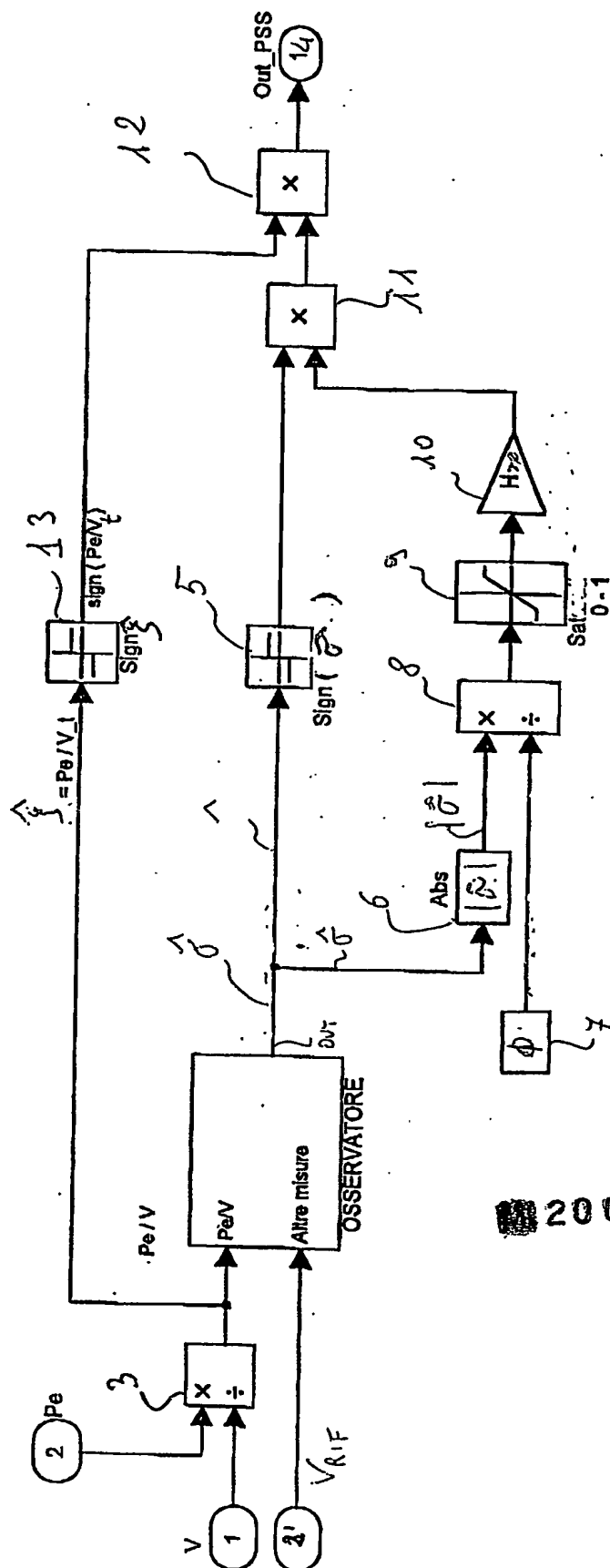


FIG. 4

2003A001595



Ing. Ferruccio POSTIGLIONE
 N. Iscr. ALBO 940 B
 (in proprio e per gli altri)